Gelombang Elektromagnetik

A. PENDAHULUAN

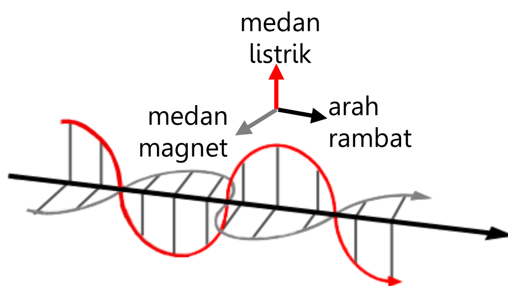
- **Gelombang** adalah getaran yang merambat.
- **Gelombang elektromagnetik** adalah gelombang yang tidak membutuhkan medium untuk merambat.
- **Teori mengenai gelombang elektromagnetik** dikemukakan melalui hipotesis Maxwell dan percobaan Hertz.

B. HIPOTESIS MAXWELL

- **Hipotesis Maxwell** berbunyi:

  > Apabila perubahan medan magnetik dapat menimbulkan medan listrik, maka perubahan medan listrik dapat menimbulkan medan magnet.

- **Gelombang elektromagnetik** adalah gelombang yang merupakan gabungan dari osilasi medan magnet dan medan listrik.
- **Gelombang elektromagnetik** termasuk ke dalam gelombang transversal.
- **Perambatan** gelombang elektromagnetik:



Arah medan magnet dan medan listrik keduanya tegak lurus satu sama lain, dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambat.

- **Cepat rambat** gelombang elektromagnetik dipengaruhi oleh:

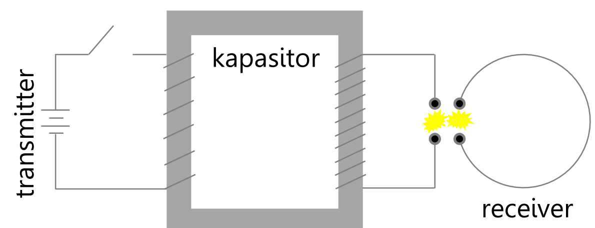
$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_o \varepsilon_o}}$$

c = cepat rambat gelombang elektromagnetik (2,998 x 10^8 m/s)
μ_o = permeabilitas ruang hampa (4π x 10^{-7} Wb/A.m)
ε_o = permitivitas ruang hampa (8,85418 x 10^{-12} C/N.m^2)

- **Sifat-sifat gelombang elektromagnetik** menurut Maxwell:
  1) Merupakan gelombang tranversal.
  2) Merupakan gabungan dari osilasi medan magnet dan medan listrik.
  3) Medan magnet dan medan listrik memiliki harga maksimum dan minimum pada waktu dan tempat yang sama.
  4) Cepat rambat gelombang 3,0 x 10^8 m/s.
  5) Cepat rambat dipengaruhi oleh permeabilitas dan permitivitas ruang hampa.
  6) Arah rambat tidak dipengaruhi medan listrik dan magnet karena gelombang tidak bermuatan.

C. PERCOBAAN HERTZ

- **Heinrich Hertz** adalah ilmuwan yang menguji dan membuktikan hipotesis Maxwell melalui percobaan Hertz.
- **Hertz** membangkitkan gelombang elektromagnetik melalui dua elektroda bola yang diinduksikan tegangan sehingga meng-hasilkan percikan api.



Percikan api yang dihasilkan transmitter berpindah ke receiver dalam bentuk gelombang elektromagnetik.

- **Sifat-sifat gelombang elektromagnetik** hasil percobaan Hertz:
  1) Merupakan gelombang transversal.
  2) Dapat merambat tanpa medium.
  3) Cepat rambat dalam ruang hampa sama dengan kecepatan di udara (3,0 x 10^8 m/s).
  4) Arah rambat lurus (tidak dipengaruhi medan listrik dan medan magnet).
  5) Dapat mengalami refleksi (pemantulan).
  6) Dapat mengalami dispersi atau refraksi (pembiasan).
  7) Dapat mengalami difraksi (pelenturan).
  8) Dapat mengalami interferensi (perpaduan).
  9) Dapat mengalami polarisasi (pengkutuban).

D. SPEKTRUM GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

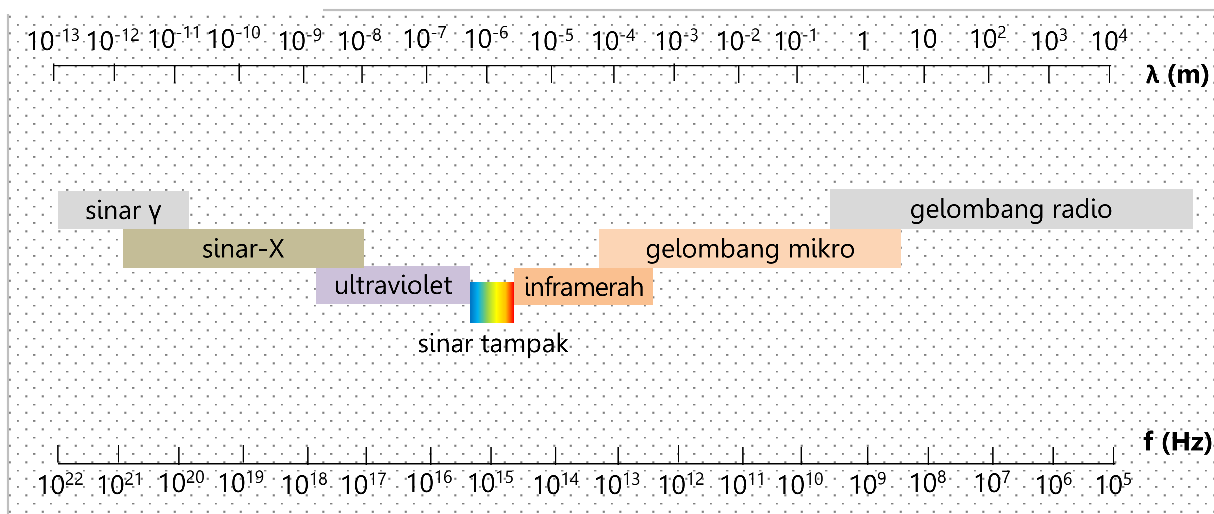
- **Gelombang elektromagnetik** terdiri dari bermacam-macam gelombang yang berbeda frekuensi (f) dan panjang gelombang (λ), namun cepat rambat sama, yaitu 3 x 10^8 m/s.
- **Hubungan** frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat gelombang dapat dirumuskan:

$$c = f.\lambda$$

c = cepat rambat gelombang (m/s)
f = frekueunsi (1/s atau Hz)
λ = panjang gelombang (m)

Jadi, frekuensi dan panjang gelombang berbanding terbalik.





Macam-macam spektrum gelombang elektromagnetik:

Gelombang	Panjang gelombang (λ)	Frekuensi (f)
Radio	1 mm – 100.000 km	3 Hz – 300 GHz
Mikro	1 mm – 1 m	300 MHz – 300 GHz
Sinar inframerah	780 nm – 1 mm	300 GHz – 430 THz
Sinar tampak (cahaya)	390– 780 nm	430– 790 THz
Sinar ultraviolet	10– 390 nm	790 THz – 30 PHz
Sinar-X	0.01– 10 nm	30 PHz – 30 EHz
Sinar gamma	kurang dari 0.01 nm	lebih dari 30 EHz

1) **Gelombang radio**

Adalah gelombang elektromagnetik yang terbentuk ketika objek bermuatan listrik dinaikkan frekuensinya (modulasi).

Sistem modulasi gelombang radio:

a. AM (*Amplitudo Modulation*)
- Jangkauan luas karena dapat dipantulkan lapisan ionosfer.
- Dapat terpengaruh medan listrik dan magnet di udara (suara tidak jernih).

b. FM (*Frequency Modulation*)
- Jangkauan sempit karena tidak dapat dipantulkan lapisan ionosfer.
- Tidak terpengaruh medan listrik dan magnet di udara (suara jernih).

Gelombang radio dihasilkan oleh osilator dan alat-alat elektronik.

Spektrum gelombang radio:

f (Hz)	λ (m)
$3 \times 10^{-3} – 3 \times 10^{4}$	$10^{4} – 10^{5}$
Very Low Freq.	Very Long Wave
$3 \times 10^{4} – 3 \times 10^{5}$	$10^{3} – 10^{4}$
Low Frequency	Long Wave
$3 \times 10^{5} – 3 \times 10^{6}$	$10^{2} – 10^{3}$
Medium Frequency	Medium Wave
$3 \times 10^{6} – 3 \times 10^{7}$	$10 – 10^{2}$
High Frequency	Short Wave
$3 \times 10^{7} – 3 \times 10^{8}$	1 – 10
Very High Freq.	Very Short Wave
$3 \times 10^{8} – 3 \times 10^{9}$	$10^{-1} – 1$
Ultra High Freq.	Ultra Short Wave

Contoh penggunaan gelombang radio:

a. Pengiriman pesan kapal selam
b. Transmisi navigasi jarak jauh
c. Siaran radio komersial
d. Siaran radio amatir
e. Komunikasi pesawat dan kapal
f. Siaran televisi (*Ultra High Frequency* atau UHF)

2) **Gelombang mikro**

Adalah gelombang elektromagnetik dengan yang berfrekuensi SHF (*Super High Frequency*).

Radiasi gelombang mikro akan menimbulkan panas pada benda yang menerimanya.

Benda yang menggunakan prinsip gelombang mikro adalah oven *microwave* dan radar.

Oven *microwave* menggunakan gelom-bang mikro untuk memanaskan makanan dengan cepat dan praktis.



Radar atau *radio detection and ranging* menggunakan gelombang mikro untuk mencari dan menentukan jejak/jarak suatu benda.

Jarak suatu benda yang dicari oleh radar dapat dirumuskan:

$$s = \frac{c.\Delta t}{2}$$

s = jarak benda (m)
c = cepat rambat gelombang (m/s)
Δt = selang waktu pengiriman pulsa (s)

3) **Sinar inframerah** (*infrared ray*)

Adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dari cahaya merah, dan dapat menembus benda tidak tembus pandang.

Gelombang sinar inframerah dihasilkan oleh molekul atau benda yang menghasilkan panas.

Macam-macam sinar inframerah:

Inframerah	λ (m)
Jarak dekat	3×10^{-6} - $7,8 \times 10^{-7}$
Jarak menengah	3×10^{-5} - 3×10^{-6}
Jarak jauh	10^{-3} - 3×10^{-5}

Contoh penggunaan sinar inframerah:

a. Foto satelit dan luar angkasa
b. Pencitraan awan dan cuaca
c. Pencitraan hiperspektral
d. Kamera pendeteksi panas (termal)

4) **Sinar tampak/cahaya** (*visible light*)

Adalah gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat mata manusia berupa warna.

Perbedaan warna pada sinar tampak diakibatkan oleh perbedaan panjang gelombang dan frekuensi.

Spektum warna cahaya:



Warna	λ (nm)
Ungu	390 – 455
Biru	455 – 492
Hijau	492 – 577
Kuning	577 – 597
Jingga	597 – 622
Merah	622 – 780

Spektrum warna cahaya berasal dari satu warna polikromatik, yaitu warna putih.

Warna benda muncul karena benda menyerap dan memantulkan radiasi gelombang cahaya tampak.

a. Benda berwarna hitam terjadi karena semua spektrum warna diserap.
b. Benda berwarna putih terjadi karena semua spektrum warna dipantulkan.
c. Benda berwarna selain hitam dan putih (monokromatik) terjadi karena semua spektrum warna diserap kecuali warna benda itu sendiri.

5) **Sinar ultraviolet** (*ultraviolet ray*)

Adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang yang lebih pendek dari cahaya ungu, dan dihasilkan atom dan molekul dalam loncatan listrik.

Sinar ultraviolet bersumber utama dari matahari yang merupakan hasil dari loncatan listrik di permukaannya.

Sinar ultraviolet yang sampai ke bumi diserap oleh lapisan ionosfer yang merupakan ozon.

Macam-macam sinar ultraviolet:

a. Sinar UV A (panjang/cahaya hitam)
   - Panjang gelombang 315 – 400 nm
   - Dapat menembus sampai lapisan dermis kulit
   - Dapat menembus kaca
   - Meliputi 95% radiasi di bumi
b. Sinar UV B (menengah)
   - Panjang gelombang 280 – 315 nm
   - Dapat menembus sampai lapisan epidermis kulit saja
   - Tidak dapat menembus kaca
   - Bermanfaat untuk sintesis vitamin D dalam skala kecil
   - Pemicu kanker dan sintetis radikal bebas tubuh dalam skala besar
c. Sinar UV C (pendek)
   - Panjang gelombang 100 – 280 nm
   - Penyebab kerusakan terbesar di muka bumi

Contoh penggunaan sinar ultraviolet:

a. Cahaya matahari
b. Sterilisasi produk industri
c. Pencitraan medis
d. Alat pengecek uang palsu
e. Alat *barcode-reader*
f. Lampu LED
g. Laser



6) **Sinar-X** (*X-ray/Rontgen*)



Adalah gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari tumbukan elektron berkecepatan tinggi pada logam.

Sinar-X memiliki daya tembus kuat karena panjang gelombang yang pendek.

Contoh penggunaan sinar-X:

a. Pencitraan medis tiga dimensi
b. Pencitraan tulang dan rangka manusia
c. Mamografi
d. CT-scan (*computed tomography*)
e. Terapi radiasi
f. Pengamanan bandar udara
g. Analisis struktur bahan

7) **Sinar gamma** (γ ray)

Adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang terpendek dan frekuensi tertinggi, dan memiliki daya tembus terkuat.

Sinar gamma dihasilkan oleh:

a. Inti atom radioaktif yang meluruh
b. Interaksi atmosfer dengan sinar kosmik
c. Petir

Sinar gamma yang terpapar tubuh manusia dapat menyebabkan kerusakan DNA sel dan kematian sel.

Contoh penggunaan sinar gamma:

a. Pencitraan medis
b. Sterilisasi makanan dan minuman kalengan
c. Pembunuh sel kanker

